

PAT-NO: JP408082704A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 08082704 A

TITLE: PRODUCTION OF PHASE SHIFT DIFFRACTION GRATING

PUBN-DATE: March 26, 1996

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

NAKANISHI, MASAHIRO

NOJIRI, HIDEAKI

MISHIMA, SEIJI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

CANON INC

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP06242148

APPL-DATE: September 9, 1994

INT-CL (IPC): G02B005/18, H01S003/18

ABSTRACT:

PURPOSE: To provide a technique for producing phase shift diffraction gratings by which precise diffraction grating shapes are relatively easily produced.

CONSTITUTION: Regions of a tall height are formed of resists 2, etc., on a substrate 1. Regions of the high diffraction grating patterns and the regions of low diffraction grating patterns are formed on this substrate 1 by etching the regions with the uniform diffraction grating patterns formed thereon as a mask. The regions are anisotropically etched from the direction diagonal with the substrate 1 to transfer the patterns to the substrate 1. The tall diffraction grating pattern parts are not transferred to the substrate 1 as the substrate surface is hidden behind the etching beam by etching the resists from the diagonal direction. Only the low pattern parts are thus transferred. A film of a dielectric substance 4', etc., is formed over the entire surface of the substrate 1 and is lifted off to invert the ruggedness of the high pattern

regions. The ruggedness is again transferred to the substrate 1 by etching, by which the phase shift diffraction gratings varying in the phases of the ruggednesses are formed on the substrate 1.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-82704

(43) 公開日 平成8年(1996)3月26日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 2 B 5/18

H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数6 F D (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平6-242148

(22) 出願日 平成6年(1994)9月9日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 中西 正浩

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ

ノン株式会社内

(72) 発明者 野尻 英章

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ

ノン株式会社内

(72) 発明者 三島 誠治

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ

ノン株式会社内

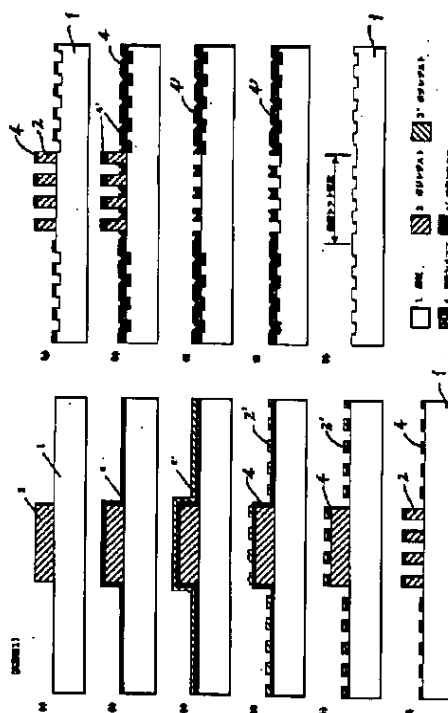
(74) 代理人 弁理士 加藤 一男

(54) 【発明の名称】 位相シフト回折格子の作製方法

(57) 【要約】

【目的】 比較的簡便に精密な回折格子形状が作製できる位相シフト回折格子の作製技術を提供することにある。

【構成】 基板1上にレジスト2などで高さの高い領域を作る。その上に作製した均一な回折格子パターンをマスクとしてエッチングし、基板1上に高い回折格子パターンの領域と低い回折格子パターンの領域を作る。これを、基板1に斜め方向から異方性エッチングして基板1に転写する。斜め方向からエッチングすることで、高い回折格子パターン部分は、基板表面がエッチングビームに対して陰になり基板1への転写が行われず、低いパターン部分だけが転写される。基板1全面に誘電体4'などを成膜し、リフトオフして高いパターン領域の凹凸を反転させる。再びエッチングで基板1に転写して、基板1上に凹凸の位相が異なる位相シフト回折格子を作製する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】基板上に第1の領域として第1の材料による凸部を設ける工程と；該基板上に均一な周期を有する回折格子を作製する工程と；該回折格子をマスクとして該第1の材料をエッチングして、該第1の領域には該第1の材料による回折格子の凹凸の周期に対する高さの比が大きい回折格子パターンを作製し、該第1の領域以外の第2の領域には回折格子の凹凸の周期に対する高さの比が小さい回折格子パターンを作製する工程と；該2つの回折格子パターンをマスクとして該基板面に対して或る角度をもって異方性エッチングを行い、該第2の領域の回折格子パターンを該基板に転写する工程と；その後、該基板上の全面に第2の材料による薄膜を形成した後、該第1の材料をエッチングして、該第1の材料のあった第1の領域に該第2の材料によって、それまでと逆の凹凸パターンを形成し、該凹凸パターンをマスクとして基板をエッチングする工程とからなることを特徴とする位相シフト回折格子の作製方法。

【請求項2】前記第1の領域に作られた第1の材料による回折格子パターンの高さは、前記異方性エッチングのエッチングビームが基板面となす角度の正接に回折格子の凹凸の周期の半分の乗じた値より大きいことを特徴とする請求項1記載の位相シフト回折格子の作製方法。

【請求項3】前記第1の材料としてフォトリソストを、前記第2の材料として誘電体を使用することを特徴とする請求項1記載の位相シフト回折格子の作製方法。

【請求項4】前記第1の材料としてフォトリソストを、前記第2の材料として金属を使用することを特徴とする請求項1記載の位相シフト回折格子の作製方法。

【請求項5】前記第1の材料としてポリイミドを、前記第2の材料として誘電体を使用することを特徴とする請求項1記載の位相シフト回折格子の作製方法。

【請求項6】前記第1の材料としてポリイミドを、前記第2の材料として金属を使用することを特徴とする請求項1記載の位相シフト回折格子の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光記録、光情報処理、光計測、光通信などの分野において用いられる光素子に必要な回折格子の作製技術に関するものであり、特に分布帰還型半導体レーザなどの開発に不可欠な位相シフト回折格子の作製技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、回折格子は、例えば、分布帰還型半導体レーザ（以下DFBレーザ）に用いられている。DFBレーザは単一軸モードの光を発するので光通信などに多く用いられている。ところが、DFBレーザでは、ブラッグ波長を中心とする2つの異なる軸モードの損失及び利得が等しく、端面での回折格子の位相の非対称性、共振器方向での成長膜厚のゆらぎなど、いくつか

の不確定な要素により、1つの軸モードが選択されているにすぎない。

【0003】この問題を回避する手段として、たとえば1次回折格子を用いた場合においては、回折格子の中央近傍で回折格子の凹凸の位相を反転させた $\lambda/4$ 位相シフト回折格子の採用が提案されている。これまで、様々な位相シフト回折格子の製造方法が考案された。初期には、基板上に塗布されたレジスト膜に電子ビームで直接描画する方法が採用されたが、これは余りにも描画に時間がかかり一般的ではなかった。

【0004】通常、比較的大きな面積に一括して回折格子を形成する方法としては、2光束干渉露光という方法が使われている。この方法は、He-Cdレーザのような波長の短いコヒーレントな光をハーフミラーで2つに分けて再びミラーで合成し、その干渉による周期的パターンを基板上のレジストに照射して露光するものである。

【0005】この2光束干渉露光法を応用して、ネガ/ポジレジストを併用した $\lambda/4$ 位相シフト回折格子の作製方法が考案されている。図3にこの製法を示す。図3において、記号31は基板、32はポジレジスト、33はネガレジストを示す。図4の各工程を説明する。

(1) まず、ネガレジスト33のストライプを基板31上に形成する（図3(a)）。

(2) 次にポジレジスト32を塗布する（図3(b)）。

(3) ここに一括で2光束干渉露光し、まずポジレジスト部分32を現像する（図3(c)）。

(4) エッチングしてポジレジスト32のパターンを基板31に転写する（図3(d)）。

(5) 次にネガレジスト部分33を現像する（図3(e)）。

(6) エッチングしてネガレジスト33のパターンを基板31に転写する（図3(f)）。

(7) レジストを除去する。ネガレジストとポジレジストでは感光特性が逆なのでパターン反転するため、ネガレジスト/ポジレジスト境界部で凹凸の位相が反転した位相シフト回折格子が得られる（図3(g)）。

【0006】

【発明が解決しようとしている課題】しかしながら、この方法には以下に示すような欠点がある。

【0007】第1に、ポジレジスト部分の基板はネガレジスト部分の基板のエッチング時もエッチングされるので、ポジレジスト部分の基板のエッチング量が多くなり、位相シフトの境界部に段差を生じてしまう。また、このことにより位相シフト量が設計値からずれる。

【0008】第2に、ネガレジストの解像度が悪く、ネガレジスト部分の回折格子形状が悪い為、回折格子の形状が領域間で異なってしまう。

【0009】第3に、レジストの種類によってはネガレ

ジストとボジレジストが反応してしまう。この対策として、ネガレジストとボジレジストの間に反応防止を目的として中間層を設けた方法も考案されているが、これでは工程が多くなってしまう。

【0010】よって、本発明の目的は、上記の課題に鑑み、比較的簡便に精密な回折格子形状が作製できる位相シフト回折格子の作製技術を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記の問題は2種類のレジストを使用する為に発生する。本発明では、回折格子10 パターンの形成には1種類のレジストのみを使用している。本発明の位相シフト回折格子の作製技術では、基板上にレジストや誘電体などで高さの高い領域を作り、その上に2光束干渉露光で作製した均一な周期を有する回折格子パターンをマスクとしてエッチングして、基板上に高さの高い回折格子パターンのある領域と高さの低い回折格子パターンのある領域を作り、これをまず基板に対して斜め方向から反応性イオンビームエッチングなどの異方性エッチング手段で基板に転写する。斜め方向からエッチングすることで、高さの高い回折格子パターン20 部分は、基板表面がエッチングビームに対して陰になり基板への転写が行われず、高さの低いパターン部分だけが転写される。続いて、基板上の全面に誘電体或は金属膜などを成膜し、リフトオフして高さの高いパターン領域の凹凸を反転させ、再度エッチングで基板に転写することにより基板上に凹凸の位相が異なる位相シフト回折格子を作製する。

【0012】即ち、本発明の位相シフト回折格子の作製方法は、基板上に第1の領域として第1の材料による凸部を設ける工程と；該基板上に均一な周期を有する回折格子30 を作製する工程と；該回折格子をマスクとして該第1の材料をエッチングして、該第1の領域には該第1の材料による回折格子の凹凸の周期に対する高さの比が大きい回折格子パターンを作製し、該第1の領域以外の第2の領域には回折格子の凹凸の周期に対する高さの比が小さい回折格子パターンを作製する工程と；該2つの回折格子パターンをマスクとして該基板面に対して或る角度をもって異方性エッチングを行い、該第2の領域の回折格子パターンを該基板に転写する工程と；その後、該基板上の全面に第2の材料による薄膜を形成した後、該40 第1の材料をエッチングして、該第1の材料のあった第1の領域に該第2の材料によって、それまでと逆の凹凸パターンを形成し、該凹凸パターンをマスクとして基板をエッチングする工程とからなることを特徴とする。

【0013】具体的には、前記第1の領域に作られた第1の材料による回折格子パターンの高さは、前記異方性エッチングのエッチングビームが基板面となす角度の正接に回折格子の凹凸の周期の半分を乗じた値より大きい。また、前記第1の材料としてフォトレジストを、前記第2の材料として誘電体を使用したり、前記第1の材50

料としてフォトレジストを、前記第2の材料として金属を使用したり、前記第1の材料としてポリイミドを、前記第2の材料として誘電体を使用したり、前記第1の材料としてポリイミドを、前記第2の材料として金属を使用する。

【0014】

【実施例1】レジスト+窒化シリコンの例である本発明の第1実施例を説明する。図1は本実施例である凹凸の位相が部分的に異なる回折格子の作製工程を示す図である。図1における図中記号は、1が基板、2および2'がボジレジスト及びボジレジストによって作ったパターン、4および4'が窒化シリコン及び窒化シリコンによって作ったパターンを表す。

【0015】図1(a)において、まず基板1上にボジレジスト2によるストライプパターンを形成した。このレジストストライプパターンの幅は位相シフト領域の幅になる。本実施例ではボジレジスト2として一般的なAZ1370レジストを用いた。適当な解像度と膜厚が得られるものであれば、他のレジストを使用してもよい。またネガタイプ、ポジタイプも問わない。このボジレジスト2で覆われた部分を領域1と呼ぶ。領域1以外の部分を領域2と呼ぶ。

【0016】次に、この上に窒化シリコン4を被覆した(図1(b))。そして、この上にボジレジスト2'による薄いレジスト膜をのせ(図1(c))、2光束干渉露光法により全体に均一な位相の回折格子パターンを作った(図1(d))。

【0017】本実施例では、ボジレジスト2'はボジレジスト2として使用したAZ1370レジストを指定のシンナーで希釈したものを使用した。このボジレジスト2'の回折格子パターンをマスクとして下の窒化シリコン4をエッチングして、窒化シリコンの回折格子パターンを作った(図1(e))。この窒化シリコン4のエッチングには、CF₄ガスによる反応性イオンエッチングを用いた。こうして、窒化シリコンだけを選択的にエッチングすることが出来た。

【0018】次に、窒化シリコンの回折格子パターンをマスクにして、最初に作製したボジレジストストライプパターン2をエッチングした(図1(f))。このエッチングには酸素ガスによる反応性イオンエッチングを用いた。

【0019】反応性イオンエッチングのため異方性があり、かつレジストだけを選択的にエッチング出来るので、領域1にはボジレジスト/窒化シリコンの2層から成る高さの高い回折格子パターンが出来、領域2には窒化シリコン単層の回折格子パターンがそのまま残った。こうして、基板1上には2種類の高さの回折格子パターンができた。

【0020】次に、これらをマスクとして基板1の表面に対して斜め方向から異方性エッチングを行ない基板1

5

に転写した。この異方性エッチングには、塩素ガスによる反応性イオンビームエッチングを用いた。基板1の表面に対し斜めからエッチングすることにより、マスク高さが低い窒化シリコン膜単層の部分（領域2）は基板1に転写されたが、マスク高さが高いレジスト／窒化シリコン2層の部分（領域1）はイオンビームに対して基板1の表面が陰になり基板1の表面がエッチングされず、転写が行なわれなかった（図1（g））。すなわち、適当なマスク高さの違いとエッチングビーム角度を選ぶことにより、基板1上に領域を選択して回折格子の転写が行える。

【0021】本実施例では回折格子の凹凸の周期（或る凸部から次の凹部までの距離）を250nmにした。凹部の幅は平均125nmである。基板1上の領域2への転写時に基板面に対して60度の角度からエッチングビームを照射するとして、領域1の凹部をエッチングビームに対して陰にする為に必要なポジレジスト2とその上の窒化シリコン4の合計膜厚は、

$$125 \times \tan 60^\circ = 125\sqrt{3} \approx 216.5 \text{ nm}$$

である。本実施例の場合、作製手法の誤差や後のリフトオフ工程の容易さを考慮して、ポジレジスト2の膜厚を300nm、窒化シリコン4の膜厚を100nmと設定した。

【0022】次に、その表面に窒化シリコン4'を100nmの膜厚に成膜した（図1（h））。この窒化シリコン4'は電子サイクロトロン共鳴によるプラズマ中にシランガスと窒化ガスを導入して成膜された。最初の窒化シリコン4と区別する為、便宜的にECR窒化シリコン4'と記述する。ECR窒化シリコン4'は低温で成膜できるので基板1の表面温度が上昇せず、基板表面にあるレジストの変質が最小限に抑えられる。したがって、その後のリフトオフ工程が容易になる。

【0023】成膜後、基板1をアセトン中に浸し、超音波洗浄してリフトオフした。リフトオフ後は、最初のマスク高さが低かった部分（領域2）はECR窒化シリコン4'が全体を覆い、マスク高さが高かった部分（領域1）はマスクがなかった当初の凹部分にECR窒化シリコン4'が付き、マスクのあった部分はレジストがなくなって基板1の表面が露出する（図1（i））。

【0024】次に、全体を再び反応性イオンビームエッチングし、パターンを基板1に転写した（図1（j））。最後に基板以外の材料を除去した。2回のエッチングでできた基板1の表面の回折格子凹凸の位相は領域1と領域2で反転している（図1（k））。

【0025】以上の工程で位相シフト回折格子を得ることが出来た。本実施例に特有の効果としては、回折格子の凹凸を反転する工程が、アセトンなどの溶剤によるリフトオフによって簡単に出来ることにある。

【0026】

【実施例2】ポリイミド+金属膜の例である本発明の第

6

2実施例を説明する。図2は本実施例の特徴をもっとも良く表わし、凹凸の位相が部分的に異なる回折格子の作製工程を示したものである。図2において、1は基板、2はポジレジスト、4は窒化シリコン、5はポリイミド、6は金属を表わす。

【0027】図2（a）において、まず基板1上にポリイミド5によるストライプパターンを形成した。このポリイミドストライプパターンの幅は位相シフト領域の幅になる。このポリイミドで覆われた部分を領域1と呼ぶ。領域1以外の部分を領域2と呼ぶ。

【0028】次に、この上に窒化シリコン4を被覆した（図2（b））。そして、この上にポジレジスト2による薄いレジスト膜をのせ（図2（c））、2光束干渉露光法により全体に均一な位相の回折格子パターンを作った（図2（d））。本実施例では、ポジレジスト2は一般的なAZ1370レジストを指定のシンナーで希釈したものを使用した。このレジスト2の回折格子パターンをマスクとして下の窒化シリコン4をエッチングして、窒化シリコン4の回折格子パターンを作った（図2（e））。この窒化シリコン膜4のエッチングにはCF₄ガスによる反応性イオンエッチングを用いた。こうして、窒化シリコン4だけを選択的にエッチングすることができた。

【0029】次に、窒化シリコン膜4の回折格子パターンをマスクにして、最初に作ったポリイミドストライプパターン5をエッチングした（図2（f））。このエッチングには酸素ガスによる反応性イオンエッチングを用いた。反応性イオンエッチングのため異方性があり、かつレジスト5だけを選択的にエッチングできるので、領域1にはポリイミド5／窒化シリコン4の2層から成る高い回折格子パターンができ、領域2には窒化シリコン単層4の回折格子パターンがそのまま残った。こうして、基板1上には2種類の高さの回折格子パターンができた。

【0030】次に、これをマスクとして基板面に対して斜め方向から異方性エッチングを行ない、基板1に転写した。この異方性エッチングには、塩素ガスによる反応性イオンビームエッチングを用いた。基板面に対し斜めからエッチングすることにより、マスク高さが低い窒化シリコン単層4の部分（領域2）は基板1に転写されたが、マスク高さが高いポリイミド5／窒化シリコン4の2層の部分（領域1）はイオンビームに対して基板表面が陰になり基板表面がエッチングされず、転写が行なわれなかった（図2（g））。すなわち、適当なマスク高さの違いとエッチングビーム角度を選ぶことにより、基板1上に、領域を選択して回折格子の転写が行なえる。

【0031】本実施例では回折格子の凹凸の周期（或る凸部から次の凸部までの距離）を250nmにした。凹部の幅は平均125nmである。基板1上の領域2への転写時に基板面に対して60度の角度からエッチングビ

7

ームを照射するとして、領域1の凹部をエッチングビームに対して陰にする為に必要なポリイミド5とそのうえの窒化シリコン4の合計膜厚は、

$$125 \times \tan 60^\circ = 125\sqrt{3} \approx 216.5 \text{ nm}$$

である。本実施例の場合、作製寸法の誤差や後のリフトオフ工程の容易さを考慮して、ポリイミド5の膜厚を300 nm、窒化シリコン4の膜厚を100 nmと設定した。

【0032】次に、その表面に金属6を100 nmの膜厚に成膜した(図2(h))。この金属膜6は後に酸素ガス及び塩素ガスエッチングのマスクとなるので、これらのガスのプラズマに対して耐性がなければならない。この金属6はチタンを使用した。クロムやモリブデンなど、ほかの金属も使用出来る。成膜後、基板1全面を酸素ガスによる反応性イオンエッチングでエッチングした。このときエッチング圧力は、先に窒化シリコン4をマスクにしてポリイミド5をエッチングしたときよりも高くしてある。やや長い時間、酸素ガスでエッチングすると、ポリイミド5がサイドエッチングによってなくなり、ポリイミド/窒化シリコン2層膜の上に乗っていた金属(チタン)はリフトオフされる。リフトオフ後は、最初のマスク高さが低かった部分(領域2)は、金属(チタン)6が全体を覆い、マスク高さが高かった部分(領域1)は、マスクがなかった当初の凹部分に金属(チタン)6が付き、マスクのあった部分はポリイミド5がなくなって基板1表面が露出している(図2(i))。

【0033】次に、全体を再び反応性イオンビームエッチングでエッチングし、パターンを基板1に転写した(図2(j))。最後に基板1以外の材料を除去した。2回のエッチングでできた基板表面の回折格子の凹凸の位相は、領域1と領域2で反転している(図2(k))。

【0034】以上の工程で位相シフト回折格子を得るこ

8

とが出来た。以上の工程で金属の代わりに窒化シリコンを使用することも出来る。

【0035】本実施例に特有の効果として、構成する材料の多くが耐熱性に優れていることにより、高温プロセスが可能だと言うことがあげられる。2光束干渉露光で使用するAZ1350Jレジストは耐熱性が劣り120°C付近が限界であるが、AZ1350Jによる回折格子パターンを下層の窒化シリコンに転写すれば、それ以降のプロセスで使用する材料は耐熱性に優れる。よって、一番耐熱温度の低いポリイミドで温度の上限が決まるが、400°C程度までプロセス可能である。したがって、本実施例に示されている方法を用いれば、熱処理やエッチング時に基板を高温に過熱するなどの処理が可能になる。

【0036】

【発明の効果】以上説明した様に、本発明により、簡便で精度の高い位相シフト回折格子作製方法を得ることが出来た。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施例の位相シフト回折格子の作製工程を示す図。

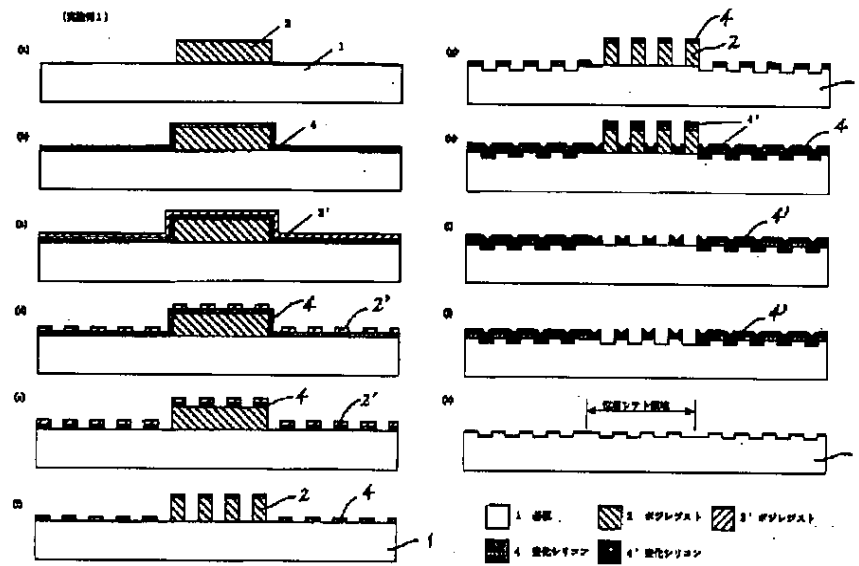
【図2】第2実施例の位相シフト回折格子の作製工程を示す図。

【図3】従来例の位相シフト回折格子の作製工程を示す図。

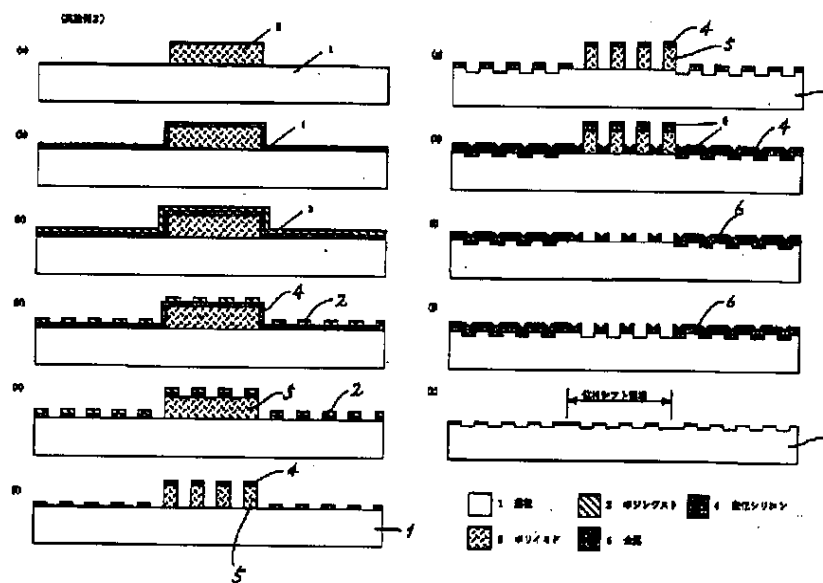
【符号の説明】

- | | |
|------|-------------------------|
| 1 | 基板 |
| 2、2' | ポジレジスト及びポジレジストで作製したパターン |
| 4、4' | 窒化シリコン及び窒化シリコンで作製したパターン |
| 5 | ポリイミド及びポリイミドで作製したパターン |
| 6 | 金属及び金属で作製したパターン |

【図1】



【図2】



【図3】

